



*Производство отливок из чугуна с
вермикулярной формой графита
на Литейном заводе ПАО «КАМАЗ»*

Докладчик: Э.В. Панфилов

Предпосылки к освоению чугуна с вермикулярной формой графита

Серый чугун с пластинчатым графитом обладает относительно невысокой прочностью, зачастую недостаточной для изготовления новых деталей и узлов двигателей, а высокопрочный чугун с шаровидным графитом обладая необходимой прочностью не может быть эффективно применен из-за недостаточной теплопроводности, низкой демпфирующей способности и склонности к короблению.

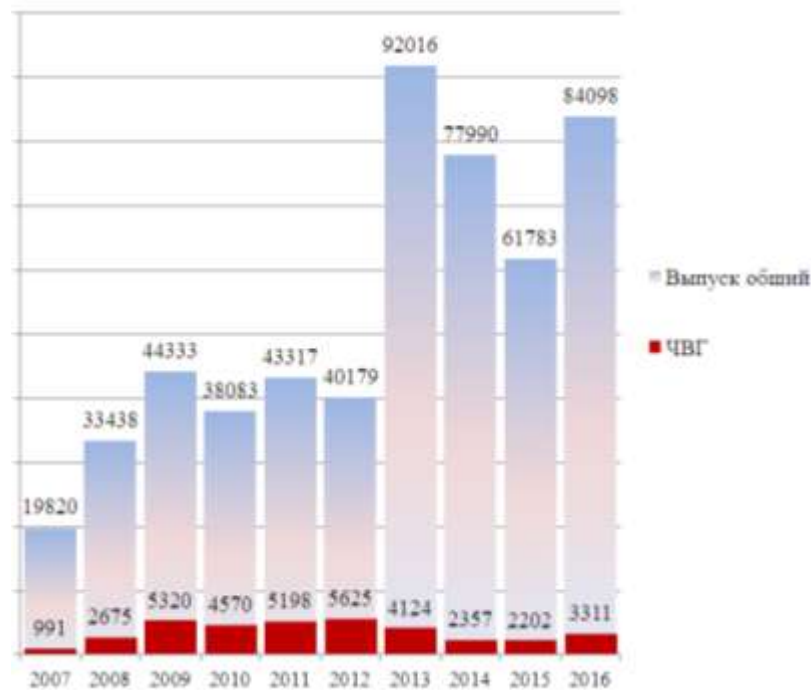
Параметр	СЧ	ВЧ	ЧВГ
Марка чугуна	От СЧ10 до СЧ35	От ВЧ35 до ВЧ100	От ЧВГ30 до ЧВГ45
Временное сопротивление при растяжении, σ_B , МПа	От «не менее 100» до «не менее 350»	От «не менее 350» до «не менее 1000»	от «не менее 300» до «не менее 450»
Твёрдость, НВ	От «не более 190» до «не более 275»	От «140-170» до «270-360»	От «130-180» до «190-250»
Относительное удлинение, δ , %	–	От «не менее 22» до «не менее 2»	От 3,0 до 0,8
Плотность, ρ , г/см ³	От 6,8 до 7,4	От 7,1 до 7,35	От 7,0 до 7,3
Линейная усадка, ϵ , %	От 1,0 до 1,3	От 0,80 до 1,02	От 1,06 до 1,18
Модуль упругости при растяжении, E, МПа	От $700 \cdot 10^{-2}$ до $1550 \cdot 10^{-2}$	От 1,43 до $1,57 \cdot 10^4$	От $13 \cdot 10^4$ до $17 \cdot 10^4$
Теплопроводность при 20°С, λ , Вт (м*К)	От 60 до 42	От 39 до 31	От 51 до 37

История освоения, динамика объемов производства

Освоение технологии получения чугуна с вермикулярной формой графита на Литейном заводе КАМАЗ началось в 1990 годах, тогда был разработан и внедрен способ обработки исходного чугуна, содержащего до 0,015 % серы, специально разработанным комплексным низкомагниевым модификатором. В последствии с целью оптимизации затрат провели переход на использование модификаторов сторонних производителей.

Динамика изменения объемов выпуска продукции из ЧВГ по годам представлена в таблице и на диаграмме:

год	Выпуск литья, т		
	Общий	ЧВГ	Доля ЧВГ, %
2007	19820	991	5
2008	33438	2675	8
2009	44333	5320	12
2010	38083	4570	12
2011	43317	5198	12
2012	40179	5625	14
2013	92016	4124	4,5%
2014	77990	2357	3,0%
2015	61783	2202	3,6%
2016	84098	3311	3,9%



Текущая ситуация и номенклатура отливок

В настоящее время на Литейном заводе ПАО «КАМАЗ» заливается отливки картерной и блочной номенклатуры. В проработке находится вопрос по переводу тормозных барабанов

«Картер межосевого дифференциала»
Вес: 12,2 кг; Размеры: 324x224x246



«Картер коробки передач» 14-1701015
Вес: 71,5 кг; Размеры: 505x415x376



Блок цилиндров» 740.73-1002015
Вес: 269,5 кг; Размеры: 683x450x480



Применяемые материалы и оборудование



*Печь плавки емк. 50т
Производительность
16,7 тонн/час*

При приготовлении чугуна марки ЧВГ применяются следующие материалы:

- чугун передельный ПЛ2-1-А-2, ГОСТ 805-95;
- лом стальной низкохромистый пакетированный марки 8А, ГОСТ 2787-75;
- возврат собственного производства;
- брикеты чугунные 23А, ГОСТ 2787;
- ферросилиций ФС 45-3, ГОСТ 1415-93;
- высокоуглеродистый материал;
- известняк флюсовый ТУ 0750-002-00186996-96;
- ферромарганец ФМн78, ГОСТ 4755-91;
- ферросилиций ФС 75-6, ГОСТ 1415-93;
- вермикуляризирующий модификатор



*Печной комплекс ф. «Отто Юнкер»
Производительность 29,7 тонн/час*



*Печь выдержки емк. 75т
Производительность 33 тонн/час*

Модифицирование исходного чугуна производится при выдаче металла из печи выдержки в раздаточных ковшах емкостью 2,2 т.

Проблемы существующей технологии

В связи с особенностями производства для заливки отливок из высокопрочного чугуна марок ВЧ50/60 и ЧВГ35/40 применяется единый исходный чугун. Для стабильного получения чугуна марки ЧВГ35/40 необходимо соблюдение требований по содержанию серы в исходном чугуне на уровне 0,010-0,015 %. При этом при заливке отливок номенклатуры ВЧ50/60 по технологии «Прожелта» допускается снижение содержания серы до 0,005%, что приводит к экономии порошковой поволоки. Во время заливки отливок из ЧВГ с содержанием серы от 0,005 % в исходном чугуне приходится проводить корректировки расхода модификатора для исключения получения в структуре чугуна шаровидной формы графита. При данной технологии удастся получить структуру чугуна, содержащую 20-30 % перлита, в то время как для высоконагруженных деталей требуется структура с перлитом до 80 %.

Параметр	ВЧ	ЧВГ
S, %	0,005-0,015	0,010-0,015
Mg, %	0,03-0,060	0,012-0,016



Проблемы существующей технологии

На практике имеются некоторые проблемы в анализе микроструктуры чугуна, в т.ч. и ЧВГ. Микроструктура чугуна определяется по стандартизованной методике, изложенной в ГОСТ 3443-87 «Отливки из чугуна с различной формой графита. Методы определения структуры», содержащем изображения шкал микроструктуры.

ГОСТ 3443-87 С. 15

ШКАЛА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАФИТА В СТРУКТУРЕ ЧУГУНА С ВЕРМИКУЛЯРНЫМ ГРАФИТОМ

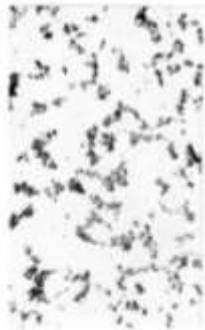
А. Форма включений графита

Увеличено в 100 раз

Удлиненная

Низкопластинчатая

Утолщенная



VGp1



VGp2



VGp3

Б. Распределение включений графита

Увеличено в 100 раз

Изолированные включения

пос

Неравномерное

Розеточное



VGp1

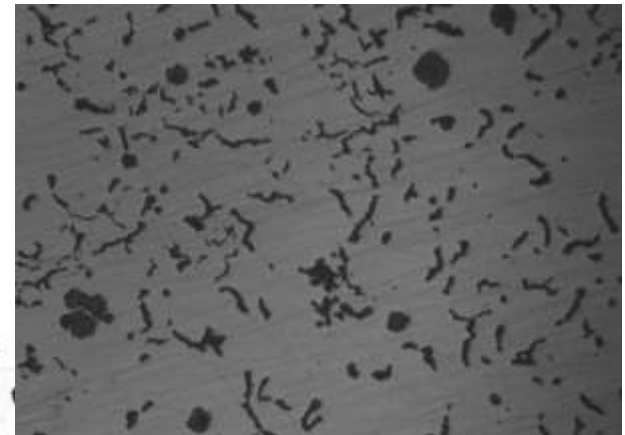


VGp2



VGp3

Фактическое изображение микроструктуры отливки «КПП» 14-1701015 из ЧВГ (X 100):



Определение структуры чугуна с различной формой графита ГОСТ 3443-87

Т.к. некоторые заказчики отливок из ЧВГ в технических требованиях указывают нормативы зарубежных стандартов, по указанной причине возникают сложности в трактовке микроструктуры.

Проблема субъективности оператора (лаборанта) решается частично использованием программы анализа изображений «Thixomet PRO», которая позволяет автоматически, более точно, чем глаз оператора, определять форму, распределение и размер графита и тип металлической основы.

Например:

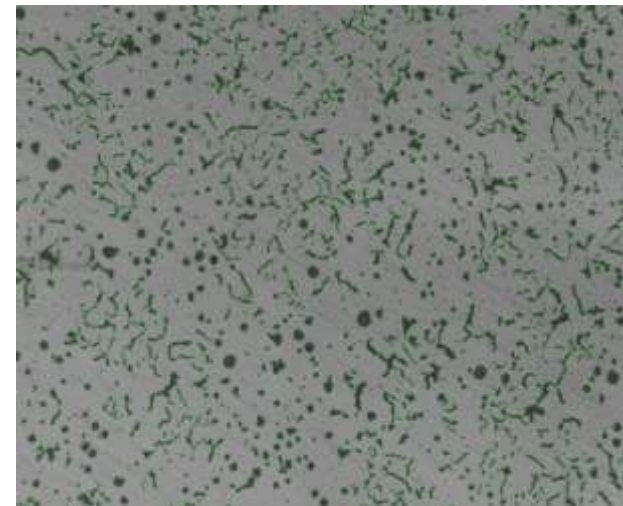
ПРОТОКОЛ

Thixomet®

по результатам исследования образца № 995

Доля графита в плоскости шлифа, %:	12,2
------------------------------------	------

Графит		
Форма	Объемная доля, %	Размер, мкм
ВГф1	7,03	173
ВГф2	22,9	186
ВГф3	38,1	112
ШГф3	2,27	51,8
ШГф4	10,4	55,3
ШГф5	19,3	53,7



X 100 Микроструктура графита

Выводы

Таким образом, на основании имеющегося на Литейном заводе ПАО «КАМАЗ» опыта, с целью внедрения ЧВГ в качестве основного материала для изготовления широкой гаммы отливок необходимо решение следующих вопросов и задач:

1. Разработка технологии получения с содержанием вермикулярной формы графита до 80-90%.
2. Разработка технологии получения перлитно-ферритной, наряду с текущей ферритной, структуры ЧВГ для изготовления нагруженных деталей с содержанием перлита до 80 %.
3. Подбор/разработка и внедрение методов контроля вермикуляризирующей обработки как для обеспечения 100% гарантии качества на всех этапах производства, так и обеспечения требований по механическим свойствам (предел прочности на растяжение и твердость) и микроструктуры с диапазоном содержания перлита от 0 до 100%.
4. Переработка действующего государственного стандарта ГОСТ 3443-87 «Отливки из чугуна с различной формой графита. Методы определения структуры» или разработка нового стандарта, коррелирующего с международными в части классификации формы, размеров, распределения графита и т.д. для решения вопросов по однозначному подходу к анализу структуры.